

木材繊維，木材小片を原料とした複合ボードの曲げ クリープ挙動におよぼすボード構成の影響*¹

柳 建*²，鈴木滋彦*³，斉藤藤市*³

Infueuce of Board Construction on the Flexural Creep Behavior of Composite Boards Made with Wood Fibers and Particles*¹

Liu JIAN*², Shigehiko SUZUKI*³ and Fujiichi SAITO*³

Flexural creep behavior of ten laboratory composite boards made with softwood fibers and sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) particles was evaluated under a natural interior climate. The relative creep of the tested composite boards decreased linearly with an increasing bending properties ratio (MOE/MOR).

Among the tested boards, homogeneous fiberboards showed the greatest relative creep, and homogeneous strandboards had the smallest one.

As for the effects of the stress level on the creep behavior, which was measured on the three kinds of composite boards (No. 2, 5, 6) made with the same materials (50 percent fibers and 50 percent shavings), the three-layer board made with fibers for the surfaces had a tendency to increase in relative creep more sharply than did the other two boards with increasing stress levels.

Keywords: composite board, flexural deformation, relative creep, stress level.

針葉樹繊維，スギ小片から製造した10種類の実験室製複合ボードについて，曲げクリープ挙動を自然の室内気候条件で比較測定した。供試した複合ボードの相対クリープはボードの曲げ性能比 (MOE/MOR) と密接な関係を持ち，曲げ性能比の増大とともに直線的に減少した。ボード間では木材繊維単層ボードが最大，ストランド単層ボードが最小の相対クリープを示した。同一原料 (木材繊維50%，シェイビング50%) から製造した3種類の複合ボード (Board No. 2, 5, 6) 間で求めたストレスレベルの影響については，表層に木材繊維を用いた三層ボードが他の二種ボードに比べ，ストレスレベルの上昇に伴い，相対クリープが急激に増大する傾向を示した。

1. 緒 言

同一厚さ，同一比重の工場製パーティクルボード (PB) と中質繊維板 (MDF) についての材質比較¹⁾によると，MDF は曲げ強さ，厚さ方向の寸度安定性で PB より勝るが，はく離強さ (IB)，木ねじ保持力では差は見られない。一方，MDF はクリープ性質で

PB より劣ることが報告されている²⁻⁴⁾。Boehme⁴⁾ は工場製 PB と MDF の曲げ性能比 (MOE/MOR) として，約100：1，200：1の値を挙げ，これは両ボードの曲げ挙動の差にあることを指摘している。

著者らは前報⁵⁾ で市販 PB，硬質繊維板 (HB) について，一定の温湿度条件 (25°C，RH 65%) で曲げクリープ挙動を考察し，HB は PB に比べて，ストレスレベルと共に直線的に増大するクリープ限界が低いことを報告した。

また著者らは前回木材繊維，木材小片を原料とした複合ボードの物理的，機械的性質について検討を行ったが⁶⁾，今回は複合ボードのクリープ性質に及ぼす木材繊維，木材小片の混合比，木材小片の形状，

*¹ Received September 19, 1994.

*² 岐阜大学大学院連合農学研究科 (静岡大学) The United Graduated School of Agricultural Science, Gifu University (Shizuoka University)

*³ 静岡大学農学部 Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka 422

およびボード層構成の影響を検討したので、報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材料

下記の3種類の木質ボード原料を用いた。

① ファイバー：MDFの製造に用いられている工場製針葉樹繊維。

② シェイビング：スギ材からディスクフレーカーでおよそ $0.4 \times 50 \times 50$ mmに切削したフレークをハンマーミルで破碎した小片。平均寸法は、厚さ0.42 mm, 幅3.1 mm, 長さ13.8 mmである。

③ ストランド：スギ材からディスクフレーカーで切削したフレーク状小片。平均寸法は、厚さ0.5 mm, 幅10 mm, 長さ50 mmである。

2.2 ボードの製造

ボードの製造条件は以下の通りである。寸法：10 mm \times 340 mm \times 370 mm (表面未研削)。目標比重：0.65。接着剤種類：フェノール樹脂接着剤 (住友デュレス社製 PR9800), メラミン樹脂系接着剤 (三井東圧化学社製ユーロイド U-814)。接着剤添加率：10%。マット含水率：13~15%。熱圧条件：温度180°C, 圧力27 kgf/cm², 時間7.5分。

なお、接着剤塗布はファイバーの場合、バッチ式パドルミキサー (底部内径260 mm, 長さ500 mm) を使用し、回転数：90 rpm, ファイバー投入量：250 g, 攪拌時間：4分として噴霧塗布した。また、木材小片 (シェイビングならびにストランド) の場合には低速回転 (25 rpm) ボックス式ブレンダーを使用

し、小片投入量と攪拌時間をそれぞれ1 kg, 15分とした。ボード製造は同一条件で3~6枚製板した。

Table 1に試作したボードの種類と原料およびその構成を示す。ボード No.1 から No.4 はファイバーとシェイビングの混合比率を変えた単層ボードである。そのうち No.3 は No.2 に対応し、メラミン樹脂系接着剤を使用したボードである。これによりクリープ性質に及ぼす木材小片と木材ファイバーの混合効果ならびに接着剤の影響を評価する。ボード No.5, No.6 は3層ボードで、ボード No.5 は表層にシェイビング, 芯層にファイバーを使用したボード (略号 pfp) であり, ボード No.6 は逆に表層にファイバー, 芯層にシェイビングを用いたボード (fpf) である。これにより木材小片と木材ファイバーを3層化した場合のクリープ性質を検討する。ボード No.7 から No.10 はストランドとファイバーを複合したボードで、それぞれボード No.2 および No.4, No.5, No.6 に対応し、これより木材小片の形状差を検討する。

2.3 クリープ試験

1枚のボードより50 mm \times 350 mmの試験片を5本採取し、両側と中央のサイドマッチ試片のMOR, MOEを測定し、両者の関係からクリープ試片の曲げ強さを推定した。各ボードの供試曲げ試片数はMOE用15個, MOR用9個である。

クリープ試験は、試片の中央に重錘を吊り下げる中央集中荷重方式で行った。ボード厚さは10 mm, スパンは30 cmである。変形量の測定は試片中央にセットした精度1/100 mmのダイヤルゲージで所定

Table 1. Descriptions of ten laboratory-made composite boards.

| Board Nos. | Fiber-particle mixing ratios | | | Board constructions | Adhesive types |
|------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|
| | Fibers ^{a)} % | Particles % | | | |
| | | shavings ^{b)} | strands ^{c)} | | |
| 1 | 100 | 0 | 0 | Homogeneous | Phenolic |
| 2 | 50 | 50 | 0 | 〃 | 〃 |
| 3 | 50 | 50 | 0 | 〃 | Melamin-Urea |
| 4 | 0 | 100 | 0 | 〃 | Phenolic |
| 5 | 50 | 50 | 0 | Three-layer (pfp) ^{d)} | 〃 |
| 6 | 50 | 50 | 0 | 〃 (fpf) ^{e)} | 〃 |
| 7 | 50 | 0 | 50 | Homogeneous | 〃 |
| 8 | 0 | 0 | 100 | 〃 | 〃 |
| 9 | 50 | 0 | 50 | Three-layer (pfp) | 〃 |
| 10 | 50 | 0 | 50 | 〃 (fpf) | 〃 |

^{a)} Fibers: Pressure-refined softwood fibers (supplied by Hokusin Co. Ltd). ^{b)} Shavings: Sugi hammermilled disc-cut flakes (0.42 mm thick \times 3.1 mm wide \times 13.8 mm long). ^{c)} Strands: Sugi disc-cut flakes (0.5 mm thick \times 10 mm wide \times 50 mm long). ^{d)} Three-layer board made with 25% of particles on each surface, and 50% of fibers in the core-layer (pfp). ^{e)} Three-layer board made with fibers for surfaces and particles for core-layer (fpf).

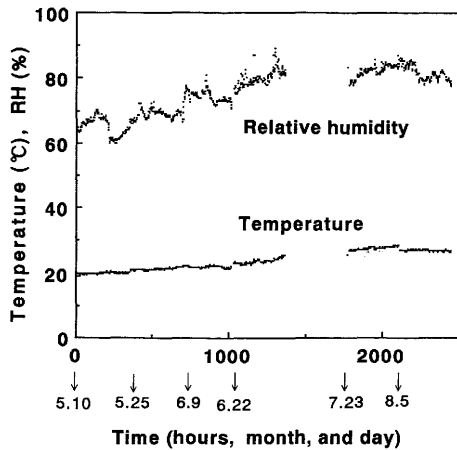


Fig. 1. Room temperature and relative humidity (RH) changes during the creep tests.

Note: Arrows show the first day for each set of creep test.

の時間ごとに行い、負荷時間は12日を目標とした。

クリープ試験は空調装置のない実験室（床面積、 30 m^2 ）内で行った。温湿度が正確に制御された室内で行うのが望ましいが、本実験では、ボードの元素および層構成の影響を相対的に評価することが主な目的であるため、平常の温湿度変動下で試験を行った。なお、試験期間中はドアの開閉を止めるなど室内の環境変動を小さく抑える努力を行った。クリープ試験期間中の環境は、クリープ架台に隣接して設置した自記温湿度計により記録した。Fig. 1に温度および湿度変動の様子を示した。

ボード間のクリープ特性を相対的に評価する目的で、ストレスレベル20%および50%の負荷を行った。この試験では全てのボード製造条件について同時期に行った。このシリーズのクリープ試験は3回繰り返した。開始日時は、5月10日、5月25日、6月9日である。室内環境および試験時期の影響を少なくするため、3回の相対クリープ曲線を平均化して比較検討した。これにより、ボードの種類とクリープ特性との関係を相対的に評価することが可能となった。

また、ストレスレベルの影響を評価するクリープ試験も同様に3回繰り返した。開始時期は6月22日、7月23日、8月5日である。したがって、供試したクリープ試片は同一条件で3個である。相対クリープは、(全たわみ量-初期たわみ)を初期たわみで除して求めた。

2.4 材質試験

静的曲げ試験を終了した試片の非破壊部分より、

50 mm×50 mmの試片を採取し、はく離強さ (IB)、24時間水中浸漬後の吸水厚さ膨張率および再調湿後の厚さ方向のスプリングバックを測定した。試片個数は同一条件で9~10個である。

3. 結果と考察

3.1 供試ボードの材質

供試ボードの物理的、機械的性質を Table 2 に示す。ここではボード材質に及ぼす木材繊維、木材小片の混合比、木材小片の形状 (シェイビングならびにストランド)、および3層ボードの層構成の影響について結果だけを簡単に説明する。

ファイバーに木材小片を混合した場合、MOR では大きな変化は見られなかった。これは100%ファイバー (MDF) の熱圧時に受ける表層付近の高緻密化が木材小片の混合効果と相殺されるためと考えられる。一方、MOE は小片混合で増大し、特にストランド小片で顕著であった。また3層構成ではファイバーを表層に、木材小片を芯層に用いたボード (fpf) は、木材小片を表層に、ファイバーを芯層に用いたボード (pfp) より高いMOR、MOEを示した。前述の表層ファイバーの高緻密化がこの主要因である。

3.2 クリープ挙動

3.2.1 エlement、層構成、ストレスレベルの影響

Fig. 2 はストレスレベル20%条件下の単層ボードの相対クリープに及ぼすElementの影響を示したものである。ファイバーに木材小片を添加することで、シェイビング小片、ストランド小片ともボードの曲げクリープが減少した。特にストランド小片でその効果が大きい。これは平坦に切削された大形切削片は小形なシェイビングに比べて各々の小片間の接触面積が大きく、小片間のずれ破壊が抑制されるためである。これに関連して、Lehmannら⁷⁾は小片長さの増大で、クリープ変形が減少することを報告している。なお、ファイバー100%のMDFのクリープ性能が低い理由には、短小なElement間の個々の接触面積が小さい上に、さらにElementへの接着剤の不十分な分散が挙げられている⁴⁾。

次に、3層ボードの相対クリープに及ぼす層構成の影響を、MDFの結果と比較して Fig. 3 に示した。これによると、表層に木材小片を用いたボード (pfp) は木材繊維を用いたボード (fpf) に比べ、相対クリープが小さくなることが明らかとなった。また、木材小片間では、前述したように、大形なストランドがシェイビングに比べ優れたクリープ特性を示した。この層構成は Table 2 に示した静的曲げ性能と全く逆の関係にある。従って、静的曲げ性能が重視

Table 2. Physical and mechanical properties of the tested composite boards.

| Board No. | S.G. | MOR kgf/cm ² | MOE ×10 ³ kgf/cm ² | IB kgf/cm ² | Thick. swell. (24 h) % | Springback % |
|-----------|------|-----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1 | 0.65 | 360 (71.9) ^{a)} | 27.5 (2.9) | 8.7 (1.8) | 14.9 (4.1) | 9.1 (3.6) |
| 2 | 0.65 | 323 (37.3) | 32.4 (4.7) | 9.7 (2.3) | 20.9 (1.1) | 12.6 (0.6) |
| 3 | 0.62 | 249 (34.1) | 27.2 (3.9) | 7.8 (2.3) | 10.3 (4.6) | 5.8 (1.1) |
| 4 | 0.70 | 326 (39.3) | 37.9 (3.3) | 18.7 (1.8) | 16.4 (3.0) | 9.4 (1.6) |
| 5 | 0.65 | 215 (28.5) | 24.7 (4.5) | 9.3 (1.0) | 21.4 (1.1) | 12.9 (1.0) |
| 6 | 0.64 | 441 (50.6) | 38.8 (4.2) | 8.7 (2.2) | 19.0 (1.7) | 11.5 (1.0) |
| 7 | 0.64 | 359 (62.5) | 38.7 (5.9) | 7.5 (1.6) | 20.9 (4.5) | 12.4 (3.2) |
| 8 | 0.74 | 365 (43.3) | 48.8 (10.0) | 10.1 (0.6) | 23.9 (5.2) | 14.8 (4.8) |
| 9 | 0.70 | 330 (70.7) | 42.5 (7.7) | 8.5 (0.7) | 20.3 (4.1) | 13.3 (1.9) |
| 10 | 0.71 | 494 (57.9) | 45.7 (5.0) | 7.7 (0.8) | 21.9 (4.1) | 13.6 (2.4) |

^{a)} Values in parentheses are standard deviations.

Legend: S.G.: Specific gravities, MOR: Moduli of rupture, MOE: Moduli of elasticity, IB: Internal bond strengths, Thick. swell.: Thickness swellings.

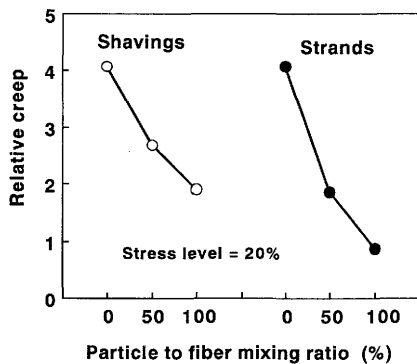


Fig. 2. Effects of particle to fiber mixing ratios on the relative creep of homogeneous boards made with fibers and particles.

Note: Relative creep at the loading time of 221 h.

される壁材, クリープ性能が重要な床材など用途に応じてボード構成を選択する必要が認められた。

Fig. 4 はファイバー50%, シェイビング50%から構成される2種類の3層ボード (Board No. 5, No. 6) と単層ボード (Board No. 2) について, 相対クリープに及ぼすストレスレベルの影響を比較したものである。空調を施していない実験室では, 測定時期により幾分結果が異なっている。そこで, 同一時期に測定した, ストレスレベル10%, 30%, 40%のデータを基に考察する。

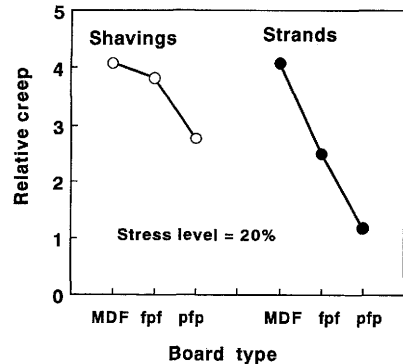


Fig. 3. Effects of board layer constructions on the relative creep of homogeneous boards (MDF) and three-layer boards made with 50% fibers and 50% particles; fpf and pfp.

Note: Relative creep at the loading time of 221 h.

いずれのボードでもストレスレベルの増加により相対クリープ (290時間経過時) は上昇している。ファイバー50%, シェイビング50%を混合した単層ボードと表層にシェイビングを配置したボードとは類似した傾向を示した。表層にファイバーを用いた3層ボード (Board No. 6, fpf) は他の2種類ボードに比べ, 相対クリープが比較的高いこと, また, ストレスレベルの増加とともに相対クリープの上昇が他の2種類よりも著しいことがうかがえる。これは,

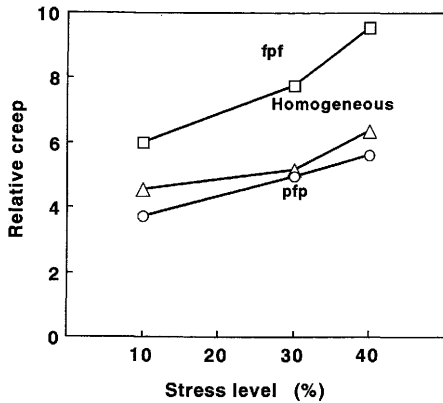


Fig. 4. Effects of stress levels on the relative creeps of three composite boards made with 50% fibers (f) and 50% particles (shavings).

Note: Relative creeps at tue loading time of 290 h.

シェービング小片を用いた fpf ボードは、ボード表面のファイバーの緻密化により曲げ強さは高くなるが、曲げヤング係数がそれと同程度の増加を示さないため、同一ストレスレベルでも、初期たわみに対する負荷レベルが高くなるためと解釈できる。このことは、3.3.3節で検討する。

3.2.2 接着剤の影響

PB のクリープ挙動に及ぼす接着剤の影響については、これまでに多くの報告例がある (例えば, Gressel⁸⁾)。それによると、アルカリ性 PF レジン はボードに高い吸湿性をもたらし、ボードの寸度変化を促進し、PB のクリープ挙動にネガティブな影響を与えることが知られている。しかし、ファイバーをエレメントにしたボードについての報告は少ない。

Fig. 5 にファイバー50%、シェービング50%から製造した単層複合ボードの相対クリープに及ぼす2種接着剤 (PF, MUF) の影響を比較した。図から明らかなように PF ボードは MUF ボードに比べて高い相対クリープを示した。比較した両ボードの IB 値と相対クリープ間には明白な関係は見られないが、両ボード間の吸水厚さ膨張率 (24 h) とそれに付随するスプリングバックは、明らかに PF ボードが MUF ボードより高い値を示している。Boehme ら⁹⁾によると、工場製低ホルマリン UF レジンを用いたパーティクルボードのクリープ変形と吸水厚さ膨張率 (24 h) に相関があり、厚さ膨張率の増加はクリープ変形の上昇をもたらすことが報告されている。

一方、高温、高湿条件下で生ずるボードの厚さ膨張はエレメント間のすべり破壊を増大させることが

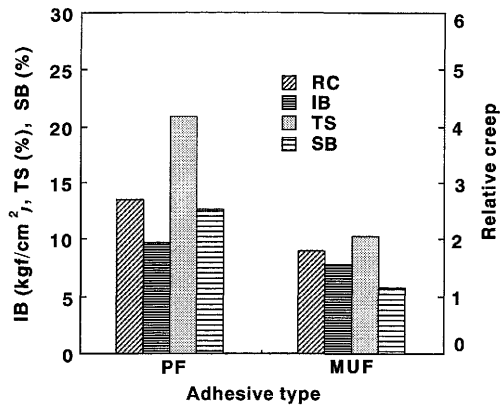


Fig. 5. Effects of adhesive types on the relative creep (RC), internal bond strength (IB), thickness swelling (TS), and spring back (SB) of homogeneous boards made with 50% fibers and 50% shavings.

報告されている¹⁰⁾。これは、厚さ膨張によりボードを構成するエレメント間の結合とボード全体の構造に弛緩を生じるためと考えられている。以上のことから PF レジンボードは負荷中に生じた厚さ膨張、即ち構造上のゆるみが原因で大きな相対クリープを示したと考えられる。

3.3.3 曲げ性能比

クリープ試験時の負荷レベルは一般に破壊荷重を基に決められることが多い。本実験でも、MOR すなわち各試験片の破壊荷重を推定してクリープ負荷を行った。一方、クリープ特性の評価は、負荷初期のたわみ量を基にした相対クリープを用いて行っている。本試験で製造したボードは、ファイバーからストランドまでエレメントの種類が異なり、また層構成が異なっているため、前節(3.1)で述べたように、曲げ強さ (MOR) と曲げヤング係数 (MOE) はボードのエレメントと構成により特徴が見れた。ボード間で相対的な比較を行う場合、MOR が比較的大きく、逆に MOE が MOR に対応するほど大きくないボードでは相対クリープは大きく評価されることが予想される。そこで、この点を検討するため、曲げ性能比 (MOE/MOR) と相対クリープの関係をストレスレベル20%について Fig. 6 に示した。10種類の供試複合ボードについて、各試験片の相対クリープを示したものである。同図から明らかなように、曲げ性能比 (MOE/MOR) の増加とともに相対クリープが減少する傾向が見られ、両者には比較的高い相関関係 ($r=0.74$) が認められた。この図には測定時期の異なるデータが、環境因子による補正を行うこ

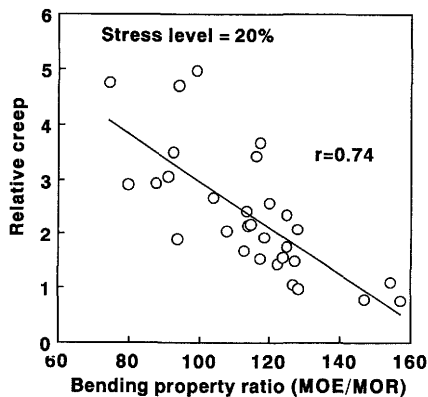


Fig. 6. Relationships between the bending property ratios (MOE/MOR) and relative creeps of the tested composite boards.

Note: Board properties: See Table 2. Relative creep at loading time 221 h.

となく描かれている。温湿度が完全に制御された条件下で同様の試験を行えば更に明瞭な相関関係が認められるものと推察される。いずれにしても、本試験結果から、複合ボードのクリープ性能予測には曲げ性能比がひとつの指標となることが明らかとなった。

4. 結 論

針葉樹繊維，スギ小片から製造した10種類の実験室製複合ボードについて，曲げクリープ挙動を自然の室内気候条件で比較測定した。試験結果の概要は次のとおりである。

1) ファイバーに木材小片を混合することで，相対クリープは減少した。

2) 表層に木材小片，芯層にファイバーを用いた

3層ボードは静的曲げ性能で勝る逆構成の3層ボードに比べ低い相対クリープを示した。

3) 同一原料（木材繊維50%ならびにシェイビング50%）から製造された3種類の複合ボード間で求めたストレスレベルの影響については，表層に木材繊維を用いた3層ボードが他の2種ボードに比べ，ストレスレベルの上昇に伴い相対クリープが急増する傾向を示した。

4) 供試した複合ボードの相対クリープはボードの曲げ性能比 (MOE/MOR) と密接な関係を持ち，曲げ性能比の増大とともに直線的減少した。

文 献

- 1) Grigoriou, A.: *Holz Roh-Werkst.*, **41**, 183-186 (1983).
- 2) Bachmann, G.; Hassler, W.: *Holztechnol.*, **19**, 44-49 (1978).
- 3) Niemz, P.: *ibid.*, **26**, 151-154 (1985).
- 4) Boehme, C.: *Holz Roh-Werkst.*, **50**, 158-162 (1992).
- 5) 斉藤藤市, 池田正行, 小川克己: 木材学会誌, **26**, 714-718 (1980).
- 6) 柳 建, 斉藤藤市, 鈴木滋彦: 第43回日本木材学会大会研究発表要旨集, 盛岡, 1993, p. 548.
- 7) Lehmann, W.F.; Ramaker, T.J.; Hefty, F.V.: *Proc. 9th Particleboard Symposium*, W.S.U., 1975, p. 151-173.
- 8) Gressel, P.: *Holz Roh-Werkst.*, **42**, 393-398 (1984).
- 9) Boehme, C.; Harbs, C.: *ibid.*, **42**, 335-341 (1984).
- 10) Niemz, P.: *Holztechnol.*, **22**, 215-221 (1981).